

9.5. Wyrównoważanie silników spalinowych

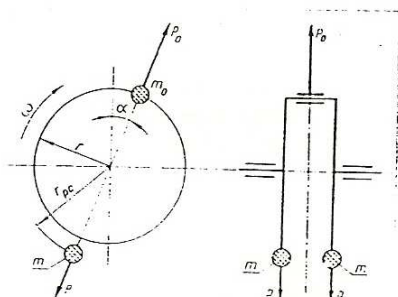
Sily bezwładności mas o ruchu postępowo-zwrotnym i obrotowym mogą być przenoszone na punkty podparcia silnika. W silnikach wielocylindrowych mogą być one powodem występowania momentów o stałej płaszczyźnie działania lub momentów wirujących. Silnik jest wyrównoważony, jeżeli na jego punkty podparcia nie są przenoszone żadne siły i momenty poza siłą ciężkości silnika. Osiąga się to przez umieszczenie przeciwcieżarów na wału korbowym. Jednocześnie spełnione muszą być warunkami:

$$\Sigma P_o=0 \quad \Sigma P_p'=0 \quad \Sigma P_p''=0$$

$$\Sigma M_o=0 \quad \Sigma M_p'=0 \quad \Sigma M_p''=0$$

9.5.1. Siły niewyrównoważone

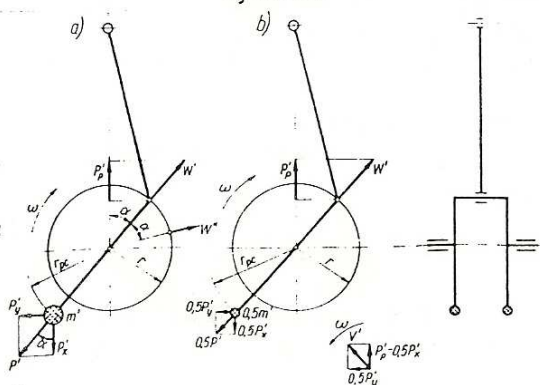
Niezrównoważone siły i momenty powodują wstrząsy, które przenoszą się na związane z silnikiem elementy. Największe z nich to siły odśrodkowe P_o . Po nich następują siły bezwładności pierwszego P_p' i drugiego P_p'' rzędu. W praktyce zadowalamy się całkowitym wyrównoważeniem sił P_o oraz częściowym sił P_p' .



Rys.9.10.

9.5.2. Wyrównoważanie silników jednocylindrowych.

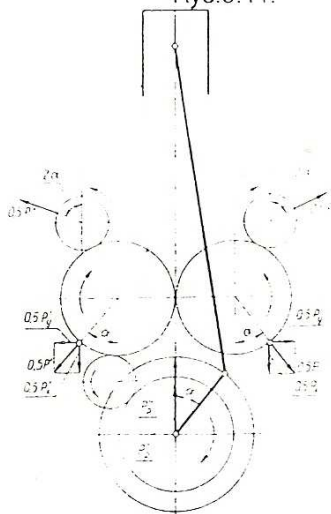
Siłę odśrodkową P_o można zrównoważyć za pomocą dwóch przeciwcieżarów, umieszczonych na przedłużeniu ramion wykorbienia. Wypadkowa



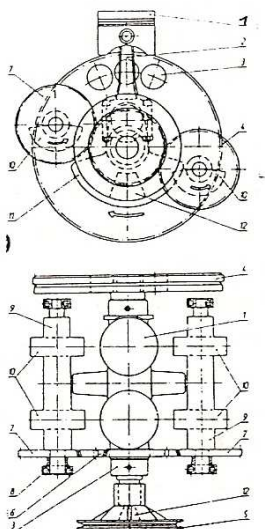
Ustytuowanie przeciwcieżarów wyrównowujących siłę bezwładności pierwszego rzędu

siła odśrodkowa wywołana obracającymi się przeciwcieżarami $2P=2 \cdot m \cdot r_{pc} \cdot \omega^2$ musi być równa sile P_o (rys.9.10). Masę przeciwcieżaru obliczamy przyjmując $2P=P_o$ stąd $2m \cdot r_{pc} \cdot \omega^2 = m_o \cdot r \cdot \omega^2$ i $m = \frac{r}{2 r_{pc}} \cdot m_o$. Wyrównoważanie sił bezwładności mas wykonujących ruch postępowo-zwrotny jest trudniejsze. Niezrównoważona siła bezwładności pierwszego rzędu $P_p' = m_p \cdot r \cdot \omega^2 \cdot \cos \alpha$ działa w osi cylindra. Jest okresowo

Rys.9.11.



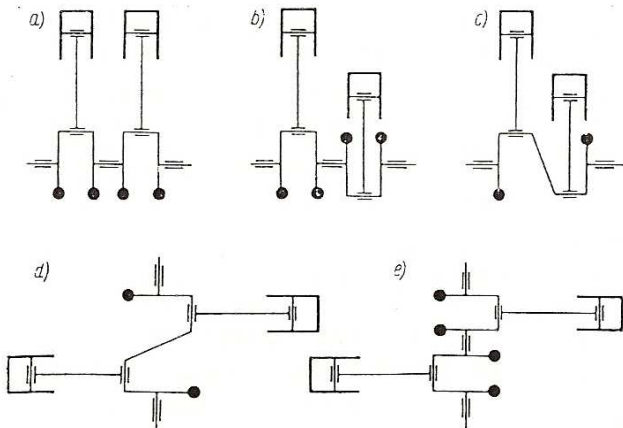
Układ Taylor-Lanchestera
Rys.9.12



ischemat napędu wałków wyrównowazających: 1 — blok, 2 — korbowód, 3 — wał korbowy, 4 — koło zamachowe, 5 — koło pasowe, 6, 7 — koła zębate napędu wałków, 8 — ułożyskowanie wałków, 9 — wałki wyrównowazające, 10 — masy wyrównowazające, 11 — przeciwcieżar wału korbowego, 12 — przeciwcieżar koła pasowego, 13 — otwory wyrównowazające

zmienna co do wartości i zwrotu. można ją przedstawić jako rzut na oś pionową wektora W' (rys.9.11.), stale skierowanego wzdłuż ramion wykorbienia i obracającego się wraz z wałem z prędkością kątową ω . Jeżeli podobnie jak przy sile odśrodkowej na przedłużeniu ramion wykorbienia, przyłożymy $P_p' = W'$ to składowa P_x' całkowicie zrównoważy siłę P_p' . Składowa P_y' zostanie niezrównoważona. - Powoduje ona drgania silnika w płaszczyźnie prostopadłej do osi cylindra. W w praktyce w układzie tym, wyrównoważa się całkowicie siłą odśrodkową i 50% siły bezwładności pierwszego rzędu. Całkowite wyrównowazanie silnika można uzyskać za pomocą układu dodatkowych wirujących ciężarów zwanego układem Taylor-Lanschester (rys.9.12.). Na rysunku 9.13. przedstawiono schemat układu T-L, zastosowanego w silniku 106B. Składa się on z dwóch wałków łożyskowanych na łożyskach kulkowych, na których mimośrodowo rozmieszczono cztery ciężarki. Wałki napędzane są za pomocą kół zębatach i wirują z tą samą prędkością co wał korbowy, lecz w przeciwnym kierunku. Realizują one po 25% wyrównowazania. Pozostałe 50% przypada na przeciwcieżar na kole pasowym i wale korbowym oraz na wybrania na kole zamachowym.

Rys.9.13.



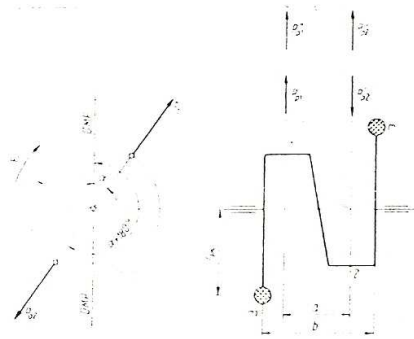
Odmiany układów korbowych silników dwucylindrowych

Rys.9.14.

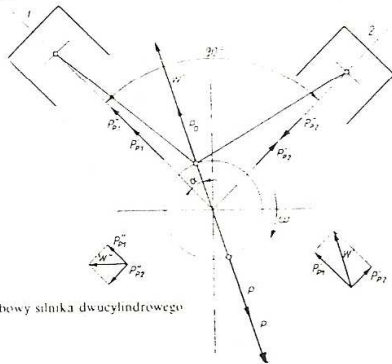
9.5.3. Wyrównowazanie silników dwucylindrowych

Silniki dwucylindrowe rzędowe mogą mieć rozmaicie ukształtowany wał korbowy (rys.9.14).

- a) oba wykorbienia znajdują się po tej samej stronie osi obrotu wału korbowego
- b i e) wykorbienia przedstawione o 180°. Siły odśrodkowe można zrównoważyć stosując dwa przeciwcieżary dla każdego wykorbienia.



Rys.9.15. Rozkład sił bezwładności w silniku dwucylindrowym z wałem podpartym na dwóch łożyskach głównych



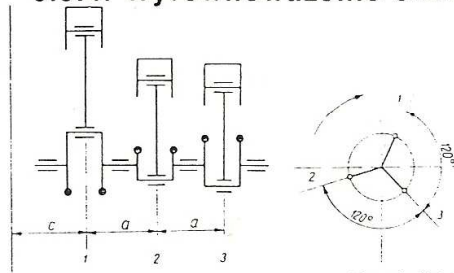
Rys.9.16. Widlasty układ korbowy silnika dwucylindrowego

c) przeciwny układ korb z wałem podpartym na dwóch łożyskach głównych (rys.9.15) Siły odśrodkowe równoważą się $\Sigma P_o = P_{o1} + P_{o2}$ dają jednak moment $M_o = m_o \cdot r \cdot \omega^2 \cdot a$.

Równoważy się go umieszczając na przedłużeniach korb dwa przeciwnieżyary

d) przeciwny układ korb, tzw. bokser wszystkie siły równoważą się: $\Sigma P_o = 0, \Sigma P_p' = 0, \Sigma P_p'' = 0$. Jeżeli nie zastosujemy przeciwnieżyarów to pozostaną momenty $M_o = P_o \cdot a, M_p' = P_p' \cdot a, M_p'' = P_p'' \cdot a$. W silnikach widlastych wyrównoważa się siłę odśrodkową P_o i wypadkową siłę bezładności pierwszego rzędu obu cylindrów W' . Siłę P_o wyrównoważa się jak w silniku rzędowym. Siły P_{p1}'' i P_{p2}'' (rys.9.16) można całkowicie wyrównować za pomocą przeciwnieżyarów umieszczonych po przeciwnych stronach wykorbienia.

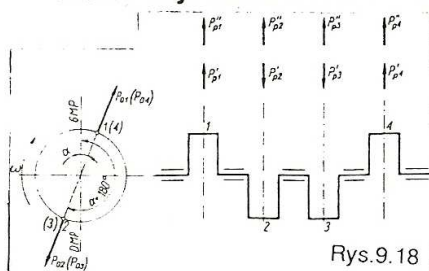
9.5.4. Wyrównoważenie silników trzycylindrowych



Układ korbowy silnika trzycylindrowego

W silniku tym wyrównowane są wszystkie siły $\Sigma P_o = \Sigma P_p' = \Sigma P_p'' = 0$. Wyrównoważyć należy momenty tych sił. Moment M_o całkowicie wyrównoważa się za pomocą przeciwnieżyarów na przedłużeniach ramion wału korbowego. Moment M_p' wyrównoważa się częściowo a momentu M_p'' nie wyrównoważa się.

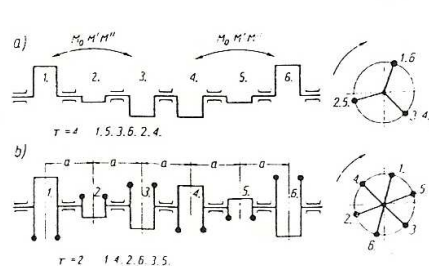
9.5.5. Wyrównoważenie silników czterocylindrowych



Rys.9.18

Ponieważ wypadkowe sił odśrodkowych P_{o1} i P_{o4} , i P_{o2} i P_{o3} mają przeciwne zwroty to $\Sigma P_o = 0$ i $\Sigma M_o = 0$. Podobnie $\Sigma P_p' = 0$ i $\Sigma M_p' = 0$. Siły P_p'' mają zwroty zgodne $\Sigma P_p'' = 4P_{p1}'' = -4m_p \cdot r \cdot \omega^2 \cdot \lambda \cdot \cos \alpha$ dają się sprowadzić do jednej siły wypadkowej a więc $\Sigma M_p'' = 0$.

9.5.6. Wyrównoważenie silników sześciocylindrowych



Rozkład sił bezwładności w silniku sześciocylindrowym Rys.9.19.

Wał korbowy silnika sześciocylindrowego składa się z dwóch symetrycznie zestawionych wałów korbowych silnika trzycylindrowego z korbami rozstawionymi co 120° . Zatem wszystkie siły i momenty równoważą się całkowicie $\Sigma P_o = 0, \Sigma P_p' = 0, \Sigma P_p'' = 0, \Sigma M_o = 0, \Sigma M_p' = 0, \Sigma M_p'' = 0$. Stosuje się jednak przeciwnieżyary dla zmniejszenia momentów wewnętrznych powodujących naprężenia wału i zwiększających strzałkę ugięcia.